

B3

99 P 1006 DE



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 14 570 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 S 7/03**  
G 01 S 13/93  
H 01 Q 19/06

②① Aktenzeichen: 197 14 570.1  
②② Anmeldetag: 9. 4. 97  
④③ Offenlegungstag: 15. 10. 98

DE 197 14 570 A 1

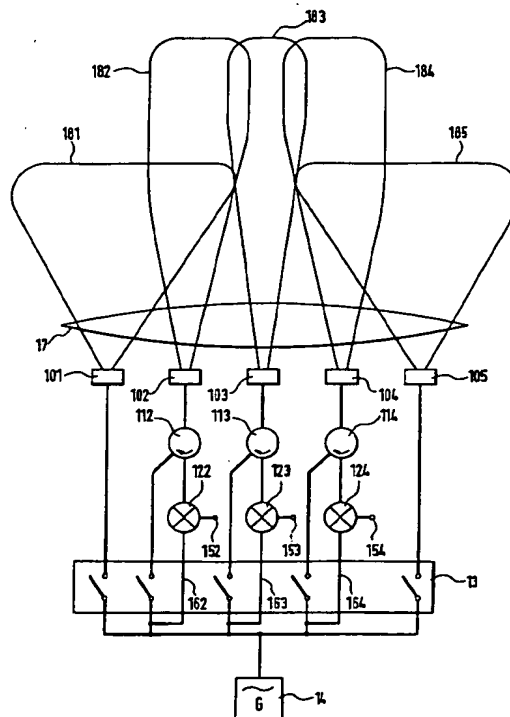
⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Wagner, Klaus-Peter, 70193 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Mehrstrahliges Radarsystem

⑤⑦ Es wird ein mehrstrahliges Radarsystem, insbesondere für Kraftfahrzeuganwendungen vorgeschlagen, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß mehr Sendeelemente (101-105) als Empfangselemente (102-104) vorhanden sind und daß die vorhandenen Sendeelemente sowohl einzeln als auch in beliebiger gleichzeitiger Kombination (13) einschaltbar sind. Damit kann auf kostengünstige Weise ein beobachtbarer Winkelbereich gegenüber bekannten Radarsystemen verbreitert werden.



DE 197 14 570 A 1

44912.2006000  
5 of 11

Die vorliegende Erfindung betrifft ein mehrstrahliges Radarsystem zur Gewinnung und Auswertung von Winkelinformationen detektierter Radarziele. Sie betrifft insbesondere ein Radarsystem für ein Kraftfahrzeug, um im Rahmen einer automatischen Abstandswarnung oder Abstandsregelung vorausfahrende Fahrzeuge anhand der erhaltenen Winkelinformation einzelnen Fahrspuren zuordnen zu können.

#### Stand der Technik

Ein gattungsgemäßes Radarsystem ist beispielsweise aus der WO 97/02496 bekannt. Das Radarsystem gemäß dieser Schrift weist drei kombinierte Sende-/Empfangselemente auf, die in Verbindung mit einer gemeinsamen Antennenlinse drei Sende- beziehungsweise Empfangskeulen ausbilden. Reflektierte Radarsignale, die über diese drei Empfangskeulen aufgenommen werden, werden zunächst in drei parallelen Signalpfaden verarbeitet. Anhand einer Amplitudenauswertung kann eine Winkellage aller detektierten Objekte berechnet werden.

Für zukünftige, erweiterte Einsatzbereiche solcher Radarsysteme, beispielsweise in Staus oder im Stadtverkehr, besteht nun die Forderung, daß der beobachtbare Winkelbereich, insbesondere im Nahbereich des Radarsystems verbreitert werden soll.

Schwierigkeiten ergeben sich dabei nun daraus, daß die empfangenen Radarsignale in der Regel sehr schwach sind und dementsprechend zur Vermeidung unnötiger zusätzlicher Dämpfungen möglichst unmittelbar nach ihrer Aufnahme aufbereitet und verarbeitet werden müssen. In diesem Sinne ist es vorteilhaft, erste Verstärker- und/oder Mischstufen in jedem Empfangspfad vorzusehen, um auf diese Weise signaldämpfende Hochfrequenzumschalter oder -multiplexer möglichst zu vermeiden. Dies führt jedoch dazu, daß bei einer Vergrößerung des beobachtbaren Winkelbereichs durch Erweitern des aus der oben genannten Schrift bekannten Sende-/Empfangskonzepts, d. h. durch ein Hinzufügen weiterer Sende-/Empfangelemente der Schaltungsaufwand auf der Empfangsseite und damit ein wesentlicher Kostenfaktor deutlich zunimmt. Eine einfache Verbreiterung der einzelnen bisher verwendeten Sende-/Empfangskeulen würde demgegenüber die bisher erreichte Winkelauflösung verschlechtern.

Aus der US 4,308,536 ist ein Antikollisions-Kraftfahrzeug Radar bekannt, welches zwei Sendeantennen und nur eine Empfangsantenne besitzt. Die beiden Sendeantennen besitzen Antennenkeulen, die jeweils einen Winkel von 3° gegenüber der Längsachse des Kraftfahrzeugs einnehmen. Jede Keulenbreite beträgt 10°. Die Hauptstrahlrichtung der Empfangsantenne ist auf die Längsachse des Kraftfahrzeugs ausgerichtet. Die Ausgangspulse eines Senders werden mit Hilfe eines Schalters abwechselnd auf die beiden Sendeantennen umgeschaltet. Der beobachtbare Winkelbereich beträgt hier 16°. Dies ist im Hinblick auf die angestrebten zukünftigen Anwendungen zu gering. Eine Verbreiterung des beobachtbaren Winkelbereichs wirkt sich bei diesem, allgemein als "Sequential Lobing" bekannten Prinzip nachteilig auf die Genauigkeit der Winkelmessung aus.

Aus der EP 568 427 A1 ist ein gattungsgemäßes Radarsystem bekannt, das vier einzeln einschaltbare Sendeelemente und sechs gleichzeitig verwendete Empfangselemente besitzt. Auch bei diesem System beträgt der beobachtbare Winkelbereich 16°, was wie bereits erwähnt für die zukünftigen Anwendungen zu gering ist.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein mehrstrahliges Radarsystem zur Bestimmung einer Winkelinformation detektierter Radarziele anzugeben, bei dem der beobachtbare Winkelbereich gegenüber bekannten Systemen auf kostengünstige Weise und bei annähernd gleicher Winkelauflösung verbreitert ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe entsprechend dem kennzeichnenden Teil des Hauptanspruchs dadurch gelöst, daß mehr Sendeelemente als Empfangselemente vorhanden sind und daß die vorhandenen Sendeelemente sowohl einzeln als auch in beliebiger gleichzeitiger Kombination einschaltbar sind. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den untergeordneten Ansprüchen.

Auf Grund des Merkmals, daß mehr Sendeelemente als Empfangselemente vorhanden sind, kann der beleuchtbare und demzufolge der grundsätzlich beobachtbare Winkelbereich auf kostengünstige Weise verbreitert werden. In Kombination mit dem zweiten Merkmal, daß nämlich die vorhandenen Sendeelemente sowohl einzeln als auch in beliebiger gleichzeitiger Kombination einschaltbar sind, ergibt sich, wie nachfolgend noch genauer erläutert, die Möglichkeit, diesen verbreiterten, beleuchteten Winkelbereich auch ohne weitere Empfangselemente mit der geforderten Genauigkeit auszuwerten.

Über die gegenüber bekannten Radarsystemen zusätzlich vorhandenen Sendeelemente ist der erweiterte zu beobachtende Winkelbereich gezielt beleuchtbar. Der Empfang reflektierter Radarziele erfolgt wie bisher über die bereits vorhandenen und bekannten Empfangselemente. Dabei können gegebenenfalls auch die Nebenkeulen der Empfangselemente ausgenutzt werden.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Radarsystems ist, daß ein gegenüber bekannten Radarsystemen verbreiteter beobachtbarer Winkelbereich ohne Hinzufügen weiterer Empfangspfade erreicht wird und dementsprechend keine weiteren, kostenintensiven Empfangssignalfade benötigt werden. Darüber hinaus ist der erweiterte Winkelbereich schnell und flexibel einstellbar und veränderbar. Auf Grund dieser Eigenschaft kann das Radarsystem vorteilhafterweise an unterschiedliche Meßaufgaben angepaßt werden. Wird beispielsweise in einem Stau ein breiter beobachtbarer Winkelbereich benötigt, kann durch Verwendung aller vorhandenen Sendeelemente eine breite Abstrahlcharakteristik erzeugt werden. Wird demgegenüber bei schneller Fahrt auf einer Autobahn nur ein schmaler beobachtbarer Winkelbereich benötigt, wird beispielsweise nur über ein oder zwei Sendeelemente gesendet. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Radarsystems ist, daß die eigentliche Winkelauswertung im wesentlichen nach den schon bisher angewendeten Verfahren, beispielsweise wie in WO 97/02496 erwähnt, anhand eines Amplitudenvergleichs erfolgen kann. Dementsprechend sind nur geringfügige Ergänzungen oder Modifikationen in einem bekannten Signalverarbeitungsalgorithmus notwendig. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung ist, daß auf signaldämpfende Umschalter zwischen verschiedenen Empfangspfaden verzichtet werden kann. Als Folge dessen ist es möglich, mit einer im Vergleich mit Radarsystemen, die solche Umschalter aufweisen, geringeren Sendeleistung zu arbeiten. Dies wiederum ist besonders im Hinblick auf Anforderungen und Probleme mit der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) sehr vorteilhaft.

#### Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung

anhand einer Zeichnung erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Aufbaus eines erfindungsgemäßen Radarsystems,

Fig. 2 mögliche Strahlungsdiagramme eines erfindungsgemäßen Radarsystems im Sendefall und

Fig. 3 mögliche effektiv wirksame Antennendiagramme eines erfindungsgemäßen Radarsystems.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Radarsystem in einer schematischen Darstellung. Unterhalb einer dielektrischen Linse 17, die als fokussierendes Element dient, sind beispielhaft angenommen fünf Antennenelemente 101, 102, 103, 104 und 105 angeordnet. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung sind diese als Patchantennenelemente ausgeführt. Sie können jedoch auch auf andere Weise, beispielsweise als Hornstrahler realisiert sein. Die Antennenelemente 101 und 105 arbeiten rein als Sendeelemente. Sie sind über jeweils einen Schalter, beispielsweise PIN-Diodenschalter, einer Schalteranordnung 13 mit einem Oszillator 14 verbunden. Letzterer erzeugt Hochfrequenzsignale, die einerseits als Sendesignale dienen und gemäß der hier bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung auch zum Herabmischen der Empfangssignale genutzt werden. Die Antennenelemente 102, 103 und 104 sind kombinierte Sendeelemente. Die Antennenelemente 101, 102, 103, 104 und 105 sind räumlich so zueinander angeordnet, daß sich die Gesamtheit der Empfangselemente 102, 103 und 104 dieser Anordnung mittig zur Gesamtheit der Sendeelemente, in diesem Fall also mittig zur Gesamtheit aller Antennenelemente befindet.

Die kombinierten Sendeelemente 102, 103 und 104 sind mit jeweils einer sende-Empfangsweiche 112, 113 und 114 verbunden. Die Sendeelemente 101, 102, 103 und 104 sind vorzugsweise als Rat-Race-Ringe ausgeführt, können jedoch alternativ auch beispielsweise einen Zirkulator darstellen. Jeweils einem Eingang der Sendeelemente 102, 103 und 104 sind über jeweils einen Schalter der Schalteranordnung 13 die Hochfrequenzsignale der Oszillatoren 14 zugeführt. Über die einzelnen Schalter der Schalteranordnung 13 sind somit alle Sendeelemente sowohl einzeln als auch in beliebiger gleichzeitiger Kombination einschaltbar. An einem weiteren Anschluß sind die Sendeelemente 102, 103 und 104 mit jeweils einem Mischer 122, 123 und 124 verbunden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Hochfrequenzsignale des Oszillators 14 über Zuführungen 162, 163 und 164 jeweils einem weiteren Eingang der drei Mischer zugeführt. Somit werden in jedem Mischer 122, 123 und 124 die empfangenen Radarsignale mit den jeweils momentanen Sendesignalen gemischt. Dies ist der Aufbau eines FMCW-Radarsystems, wie er für die eingangs genannten Anwendungen bevorzugt wird. Jedoch ist die Erfindung nicht allein auf dieses Radarprinzip beschränkt und kann auch bei Pulsradarsystemen Verwendung finden. Die herabgemischten Empfangssignale der drei Mischer 122, 123 und 124 stehen an Ausgängen 152, 153 und 154 zur weiteren Signalverarbeitung zur Verfügung.

Ausgehend von den fünf Antennenelementen 101 bis 105 sind fünf Antennenkeulen 181, 182, 183, 184 und 185 dargestellt. Entsprechend einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die außenliegenden Antennenkeulen 181 und 185 dabei so ausgebildet, daß überwiegend ein vorderer und/oder seitlicher Nahbereich des Radarsystems beleuchtet wird. Dies ist besonders vorteilhaft bei einem Einsatz eines erfindungsgemäßen Radarsystems im Rahmen einer automatischen Abstandswarnung oder Abstandsregelung in einem Kraftfahrzeug. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung dieses Ausführungsbeispiels ist, daß die Sendeelemente und die Empfangselemente räumlich so zueinander angeordnet sind,

daß sich die Gesamtheit der Empfangselemente 102, 103 und 104 dieser Anordnung mittig zur Gesamtheit der Sendeelemente 101, 102, 103, 104 und 105 befindet.

Die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Radarsystems wird nachfolgend anhand der Fig. 2 und 3 verdeutlicht. Fig. 2 zeigt dabei neun ausgewählte, schematisch anhand von Antennendiagrammen dargestellte Sendekonfigurationen eines erfindungsgemäßen Radarsystems. Dabei sind in dieser prinzipiellen Darstellung und im Unterschied zu den Antennenkeulen in Fig. 1 die Abstrahlcharakteristiken aller Sendeelemente gleich angenommen. In der Konfiguration 21 zeigt ein schematisches Antennendiagramm 211, daß in dieser Konfiguration nur über ein außenliegendes Antennenelement 105 gesendet wird. In der Konfiguration 22 wird beispielhaft über zwei benachbarte, außenliegende Antennenelemente 104 und 105 gesendet. In der Konfiguration 23 wird über die drei Sendeelemente 103, 104 und 105 gesendet. In der Konfiguration 24 wird über alle vorhandenen Antennenelemente 101 bis 105 gesendet. In der Konfiguration 25 wird demgegenüber wiederum nur über ein Antennenelement gesendet, welches in diesem Fall dem Antennenelement 101 der Fig. 1 entspricht. Die in Fig. 2 weiterhin dargestellten Konfigurationen zeigen einen Teil aller insgesamt möglichen Kombinationen von Sendeelementen.

Fig. 3 zeigt in schematischer Darstellung effektiv wirksame Antennencharakteristiken, die sich aus einer Überlagerung der Abstrahlcharakteristiken der Sendekonfigurationen gemäß Fig. 2 und den Empfangscharakteristiken der Empfangselemente eines erfindungsgemäßen Radarsystems gemäß Fig. 1 ergeben. Die effektiv wirksame Antennencharakteristik 31 ergibt sich beispielsweise, wenn ein erfindungsgemäßes Radarsystem entsprechend Fig. 1 in der Sendekonfiguration 21 betrieben wird. Zu erkennen sind drei Verläufe 311, 312 und 313 von Antennendiagrammen, die zu den drei Empfangselementen 102, 103 und 104 gehören. Die Verläufe 311, 312 und 313 weisen dabei unterschiedlich hohe Maxima auf, wobei der Verlauf 311 das kleinste und der Verlauf 313 das höchste Maximum besitzt. Der Verlauf 313 gehört zu dem am weitesten rechts liegenden Empfangselement 104, der Verlauf 312 zu dem Empfangselement 103 und der Verlauf 311 zu dem linken Empfangselement 102. Die unterschiedlich hohe Ausprägung der Maxima ergibt sich daraus, daß entsprechend der Sendekonfiguration 21 vorwiegend die rechte Seite des zu beobachtenden Winkelbereichs beleuchtet wird. Dementsprechend weisen reflektierte Radarsignale beim rechten Empfangselement 104 einen höchsten Signalpegel und beim linken Empfangselement 102 einen niedrigeren Signalpegel auf. Die effektiv wirksame Antennencharakteristik des erfindungsgemäßen Radarsystems ist bildlich gesprochen bei einer Sendekonfiguration 21 ein wenig nach rechts geschwenkt.

Die unterschiedlich hohe Ausprägung der Maxima und damit verbunden die unterschiedlich hohen Signalpegel der Empfangssignale detektierter Radarziele wirken sich bei der Winkelauswertung detektierter Radarziele besonders vorteilhaft aus. So ist beispielsweise in der noch nicht veröffentlichten DE-Anmeldung mit dem Aktenzeichen 195 43 813.2 eine Winkelauswertung beschrieben, bei der empfangene Radarsignale aus drei Antennenkeulen aufgrund ihrer jeweiligen Signalamplituden ausgewertet werden. Diese Auswertung ist bei größeren Winkeln zunehmend schwieriger, da die aus zuwertenden Amplitudenunterschiede in den Randbereichen der Antennenkeulen zunehmend geringer werden. Aufgrund der Schwenkung der effektiv wirksamen Antennencharakteristik werden die Unterschiede bei den Signalpegeln empfangener Radarsignale vorteilhafterweise vergrößert. Alternativ oder ergänzend

kann natürlich in bekannter Weise die Phasenlage der reflektierten Radarsignale zur Winkelbestimmung herangezogen werden.

Die effektiv wirksame Antennencharakteristik 31 ergibt sich bei der Sendekonfiguration 22. Auch in diesem Fall ist die effektiv wirksame Antennencharakteristik nach rechts geschwenkt. Dabei ist diese Schwenkung hier jedoch schwächer als bei der zuvor erläuterten Antennencharakteristik 31. Dies resultiert daraus, daß in der Sendekonfiguration 22 zusätzlich nun über das Antennenelement 104, welches weiter mittig liegt als das Antennenelement 105, gesendet wird. Bei der effektiv wirksamen Antennencharakteristik 34 erkennt man, daß sie insgesamt symmetrisch nach vorne ausgerichtet ist. Diesen Fall, der bevorzugt für die Beobachtung und Auswertung eines engeren Winkelbereichs genutzt wird, erhält man, wenn entsprechend der Sendekonfiguration 24 über alle Sendeelemente 101 bis 105 gleichzeitig gesendet wird. Die effektiv wirksame Antennencharakteristik 35 ist umgekehrt zu der Charakteristik 31 nach links geschwenkt. Die Winkelauswertung detektierter Radarziele erfolgt bei allen Sendekonfigurationen und damit bei allen effektiven Antennencharakteristiken nach demselben bekannten Prinzip.

#### Patentsprüche

1. Mehrstrahliges Radarsystem, insbesondere für Kraftfahrzeuganwendungen,
  - mit Sendeelementen (101–105), über die Radarwellen abgestrahlt werden können und
  - mit Empfangselementen (102–104), über die reflektierte Radarwellen wieder aufgenommen werden können,
  - wobei sich eine effektiv wirksame Antennencharakteristik des mehrstrahligen Radarsystems aus der Überlagerung der Abstrahlcharakteristik eines oder mehrerer Sendeelemente und der Empfangscharakteristik mindestens eines Empfangselements ergibt und
  - wobei diese effektive Antennencharakteristik für jeweils mindestens einen Meßzyklus durch Umschalten zwischen verschiedenen Sende- oder/und Empfangselementen veränderbar ist,
 dadurch gekennzeichnet, daß mehr Sendeelemente als Empfangselemente vorhanden sind und daß die vorhandenen Sendeelemente sowohl einzeln als auch gleichzeitig in beliebiger Kombination (13) einschaltbar sind.
2. Radarsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangselemente kombinierte Sende- und Empfangselemente sind.
3. Radarsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sende- und die Empfangselemente räumlich so zueinander angeordnet sind, daß sich die Gesamtheit der Empfangselemente dieser Anordnung mittig zur Gesamtheit der Sendeelemente befindet.
4. Radarsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß außenliegende Sendeelemente der genannten Anordnung eine derartige Abstrahlcharakteristik aufweisen, daß überwiegend ein vorderer und/oder seitlicher Nahbereich des Radarsystems beleuchtet wird.
5. Radarsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangssignale eines jeden Empfangselements über jeweils einen eigenen Empfangsmischer herabmischbar sind.
6. Radarsystem nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswertung der Winkellage detektierter Radarziele anhand eines Amplituden- und/oder Phasenvergleichs der Empfangssignale von mindestens zwei Empfangselementen erfolgt.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---